

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001342543
PUBLICATION DATE : 14-12-01

APPLICATION DATE : 24-11-00
APPLICATION NUMBER : 2000357752

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : TOMOKIYO TOSHIMASA;

INT.CL. : C22C 38/00 C21D 9/46 C22C 38/14

TITLE : HOT ROLLING STEEL SHEET WITH HIGH STRENGTH, EXCELLENT IN BORING PROPERTY AND DUCTILITY, AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a hot rolling steel sheet with high strength, having a tensile strength of 590 N/mm² or above, an excellent boring property of and ductility.

SOLUTION: The hot rolling steel sheet with high tensile, excellent in opening property of a bore and the ductility, is composed of C: 0.01%-0.20%, Si: 0.3%-1.5%, Mn: 0.55%-2.5%, P: 0.10% or below, S: 0.009% or below, N: 0.010% or below, Mg: 0.0005%-0.01%, Al: 0.002%-0.07%, one or more kinds of Ti: 0.003%-0.25% and Nb: 0.003%-0.04%, by weight %, and the balance iron with inevitable impurities. Furthermore, by controlling the oxides, this steel sheet contains MgO in the range of particle diameter of 0.005-5.0 μ m, or complex oxides of 10 \times 10³ pieces or more and 1.0 \times 10⁷ pieces or more per 1 mm², which are composed of one or more kinds of Al₂O₃, SiO₂, MnO and Ti₂O₃, and the steel structure is mainly a ferrite structure and the residue is a bainite structure.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-342543
(P2001-342543A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームト* (参考) |
|---------------------------|-------|---------------|-------------------|
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 | C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 W 4 K 0 3 7 |
| C 2 1 D 9/46 | | C 2 1 D 9/46 | T |
| C 2 2 C 38/14 | | C 2 2 C 38/14 | |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-357752 (P2000-357752)
(22) 出願日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)
(31) 優先権主張番号 特願2000-93590 (P2000-93590)
(32) 優先日 平成12年3月30日 (2000. 3. 30)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006655
新日本製鐵株式会社
東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号
(72) 発明者 岡本 力
愛知県東海市東海町 5 - 3 新日本製鐵株
式会社名古屋製鐵所内
(72) 発明者 上島 良之
愛知県東海市東海町 5 - 3 新日本製鐵株
式会社名古屋製鐵所内
(74) 代理人 100078101
弁理士 綿貫 達雄 (外 2 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 穴拡げ性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 590 N/mm^2 以上の引張強度を有し、優れた穴拡げ性と延性を有する高強度熱延鋼板を提供する。

【解決手段】 重量%で、C:0.01%~0.20%、Si:0.3%~1.5%、Mn:0.5%~2.5%、P:0.10%以下、S:0.009%以下、N:0.010%以下、Mg:0.0005%~0.01%、Al:0.002%~0.07%、およびTi:0.003%~0.25%、Nb:0.003%~0.04%の1種または2種含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、さらに、酸化物の制御により、粒子径が $0.005\text{ }\mu\text{m}$ ~ $5.0\text{ }\mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含み、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、
 Si : 0.3%以上、1.5%以下、
 Mn : 0.5%以上、2.5%以下、
 P : 0.10%以下、
 S : 0.009%以下、
 N : 0.010%以下、
 Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、
 Al : 0.002%以上、0.07%以下、
 および

Ti : 0.003%以上、0.25%以下、
 Nb : 0.003%以上、0.04%以下
 の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項2】 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、
 Si : 0.3%以上、1.5%以下、
 Mn : 0.5%以上、2.5%以下、
 P : 0.10%以下、
 S : 0.009%以下、
 N : 0.010%以下、
 Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、
 Al : 0.002%以上、0.07%以下、
 および

Ti : 0.003%以上、0.25%以下、
 Nb : 0.003%以上、0.04%以下
 の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物と、これを核にして、その周辺に(Nb、Ti)Nを有する複合析出物のうち、そのサイズが $0.05\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ の範囲の析出物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項3】 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、
 Si : 0.3%以上、1.5%以下、
 Mn : 0.5%以上、2.5%以下、
 P : 0.10%以下、
 S : 0.009%以下、
 N : 0.010%以下、

Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、
 Al : 0.002%以上、0.07%以下、
 および

Ti : 0.003%以上、0.25%以下、
 Nb : 0.003%以上、0.04%以下

の1種または2種含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、さらに、

Ca : 0.0005%以上、0.0100%以下、
 REM元素の合計 : 0.0005%以上、0.0100%以下

の1種または2種含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項4】 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、
 Si : 0.3%以上、1.5%以下、
 Mn : 0.5%以上、2.5%以下、
 P : 0.10%以下、
 S : 0.009%以下、
 N : 0.010%以下、
 Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、
 Al : 0.002%以上、0.07%以下、
 および

Ti : 0.003%以上、0.25%以下、
 Nb : 0.003%以上、0.04%以下

の1種または2種含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、さらに、

Ca : 0.0005%以上、0.0100%以下、
 REM元素の合計 : 0.0005%以上、0.0100%以下

の1種または2種含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ のMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物と、これを核にして、その周辺に(Nb、Ti)Nを有する複合析出物のうち、そのサイズが $0.05\mu\text{m}$ ~ $5.0\mu\text{m}$ の範囲の析出物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項5】 請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記した鋼を、圧延終了温度を A_r3 変態点以上とする圧延をし、引き続き $20^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上の冷却速度で冷却し、 350°C ~ 600°C で捲取することを特徴とする、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト

組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【請求項6】 請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記した鋼を、圧延終了温度を A_r 。変態点以上とする圧延をした後、 $20^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上の冷却速度で $650^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ まで冷却し、該温度で15秒以下空冷した後、再度冷却して、 $350^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ で捲取することを特徴とする、鋼組織をフェライト組織を主とし、残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【請求項7】 請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記した鋼、および、請求項5又は請求項6に記した鋼の製造方法における溶製工程の成分調整段階において、SiとMnを添加した後、Tiを添加、その後にMgとAlを添加することを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【請求項8】 請求項5又請求項6又は請求項7において、Mgの希釈溶媒金属としてSi、Ni、Cu、Al、REM（希土類元素）の1種あるいは2種以上から成るMg合金を用いることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【請求項9】 請求項8において、Mg合金中のMg濃度が1%以上10%未満であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【請求項10】 請求項7から9において、Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和が10%未満であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主としてプレス加工される自動車用鋼板を対象とし、1.0～6.0mm程度の板厚で、 $590\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の引張強度を有し、穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車の燃費改善対策としての車体軽量化、部品の一体成形によるコストダウンのニーズが強まり、プレス成形性に優れた熱延高強度鋼板の開発が進められてきた。従来、加工用熱延鋼板としてはフェライト・マルテンサイト組織からなるDual Phase鋼板が知られている。Dual Phase鋼板は、軟質なフェライト相と硬質なマルテンサイト相の複合組織で構成されており、著しく硬度の異なる両相の界面からボイドが発生して割れを生じるため穴抜け性に劣る問題があり、足廻り部品等の高い穴抜け性が要求される用途には不向きであった。

【0003】このため特開平4-88125号公報、特開平3-180426号公報にベイナイトを主体とした組織から構成される、穴抜け性の優れた熱延鋼板の製造

方法が提案されている。さらに、特開平6-293910号公報では2段冷却を用いることによってフェライト占積率を制御することで穴抜け性と延性を両立する製造方法が提案されている。しかしながら、自動車のさらなる軽量化指向、部品の複雑化等を背景に更に高い穴抜け性が求められ上記技術では対応しきれない高度な加工性、高強度化が要求されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は $590\text{N}/\text{mm}^2$ クラス以上の熱延鋼板に関するもので、優れた穴抜け性と延性を両立した高強度熱延鋼板を提供しようとするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の課題解決のため種々実験、検討を重ねた結果、穴抜け性の改善には打抜き穴のクラックの状態が重要であることはよく知られるところであるが、本発明者らが鋭意検討した結果、Mgを添加することで打抜き穴の断面に発生するクラックを微細均一化することが可能であることを見出した。そして、鋼板中に存在する酸化物とこれらを核にした(Nb、Ti)、Nの複合析出物を均一微細に分散析出させることにより、打抜き時に微細ボイドを発生させることで応力の集中を緩和しうることが考えられ、粗大クラックの発生を抑制し穴抜け性を向上させていると考えられる。これより、この発明をなすに至ったのである。これまで、Mg添加による酸化物を利用した提案には、例えば特開平1.1-323488号公報による面内異方性改善に関する提案ではMg酸化物による再結晶時の面方位の優先的な核生成・成長を抑制する事を目的としており、特開平11-236645号公報の溶接部の靱性に関する提案ではMg複合酸化物により超入熱溶接時のHAZ部の γ 粒の成長を抑制することを目的としている。これらはいずれも微細酸化物によるピンニングによる効果を利用したものであり、本発明の打抜き時、介在物により発生する微細ボイドを利用するものとは異なり、これらを目的とする鋼板において穴抜け性が向上しているかはさだかではない。本発明の要旨は、下記の通りである。

【0006】1) 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、Si : 0.3%以上、1.5%以下、Mn : 0.5%以上、2.5%以下、P : 0.10%以下、S : 0.009%以下、N : 0.010%以下、Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、Al : 0.002%以上、0.07%以下、およびTi : 0.003%以上、0.25%以下、Nb : 0.003%以上、0.04%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複

合酸化物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【0007】2) 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、Si : 0.3%以上、1.5%以下、Mn : 0.5%以上、2.5%以下、P : 0.10%以下、S : 0.009%以下、N : 0.010%以下、Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、Al : 0.002%以上、0.07%以下、およびTi : 0.003%以上、0.25%以下、Nb : 0.003%以上、0.04%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005 \mu\text{m}$ ~ $5.0 \mu\text{m}$ 以下の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物と、これを核にして、その周辺に(Nb、Ti)Nを有する複合析出物のうち、そのサイズが $0.05 \mu\text{m}$ ~ $5.0 \mu\text{m}$ の範囲の析出物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【0008】3) 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、Si : 0.3%以上、1.5%以下、Mn : 0.5%以上、2.5%以下、P : 0.10%以下、S : 0.009%以下、N : 0.010%以下、Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、Al : 0.002%以上、0.07%以下、およびTi : 0.003%以上、0.25%以下、Nb : 0.003%以上、0.04%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、さらに、Ca : 0.0005%以上、0.010%以下、REM元素の合計 : 0.0005%以上、0.0100%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005 \mu\text{m}$ ~ $5.0 \mu\text{m}$ の範囲にあるMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【0009】4) 重量%にて

C : 0.01%以上、0.20%以下、Si : 0.3%以上、1.5%以下、Mn : 0.5%以上、2.5%以下、P : 0.10%以下、S : 0.009%以下、N : 0.010%以下、Mg : 0.0005%以上、0.01%以下、Al : 0.002%以上、0.07%以下、およびTi : 0.003%以上、0.25%以下、Nb : 0.003%以上、0.04%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物から

なり、さらに、Ca : 0.0005%以上、0.010%以下、REM元素の合計 : 0.0005%以上、0.0100%以下の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、粒子径が $0.005 \mu\text{m}$ ~ $5.0 \mu\text{m}$ のMgOまたは、MgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物と、これを核にして、その周辺に(Nb、Ti)Nを有する複合析出物のうち、そのサイズが $0.05 \mu\text{m}$ ~ $5.0 \mu\text{m}$ の範囲の析出物が1平方mmあたり 1.0×10^3 個以上、 1.0×10^7 個以下含む、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【0010】5) 1) 又は2) 又は3) 又は4) に記した鋼を、圧延終了温度を A_r3 変態点以上とする圧延をし、引き続き $20^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上の冷却速度で冷却し、 350°C ~ 600°C で捲取することを特徴とする、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【0011】6) 1) 又は2) 又は3) 又は4) に記した鋼を、圧延終了温度を A_r3 変態点以上とする圧延をした後、 $20^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上の冷却速度で 650°C ~ 700°C まで冷却し、該温度で15秒以下空冷した後、再度冷却して、 350°C ~ 600°C で捲取することを特徴とする、鋼組織をフェライト組織を主とし残ベイナイト組織とすることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【0012】7) 1) 又は2) 又は3) 又は4) に記した鋼、および、5) 又は6) に記した鋼の製造方法における溶製工程の成分調整段階において、SiとMnを添加した後、Tiを添加、その後にMgとAlを添加することを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【0013】8) 5) 又は6) 又は7) において、Mgの希釈溶媒金属としてSi、Ni、Cu、Al、REM(希土類元素)の1種あるいは2種以上から成るMg合金を用いることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【0014】9) 8) において、Mg合金中のMg濃度が1%以上10%未満であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【0015】10) 7) から9) において、Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和が10%未満であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明は穴抜け性の改善のために打抜き穴の粗大クラックを抑制するため、Mgを添加し、酸化物を均一微細析出させ、これにより、打抜き時

の粗大クラックの発生を抑制させ穴抜け性を改善させるものである。以下に本発明の個々の構成要件について詳細に説明する。

【0017】まず、本発明の成分の限定理由について述べる。Cは、鋼の加工性に影響を及ぼす元素であり、含有量が多くなると、加工性は劣化する。特に0.20%を超えると穴抜け性に有害な炭化物（パーライト、セメントライト）が生成するので、0.20%以下、ただし、好ましくは0.15%以下が望ましい。また、強度確保の面で0.01%以上は必要である。

【0018】Siは、有害な炭化物の生成を抑えフェライト組織主体+残ベイナイトの複合組織を得るために重要な元素である。また、Si添加により強度と延性の両立させる作用もある。このような作用を得るためには0.3%以上の添加が必要である。しかし、添加量が増加すると化成処理性が低下するほか、点溶接性も劣化するため1.5%を上限とする。

【0019】Mnは、強度確保に必要な元素であり、最低0.50%の添加が必要である。しかし、多量に添加するとミクロ偏析、マクロ偏析が起こりやすくなり、これらは穴抜け性を劣化させる。これより2.50%を上限とする。

【0020】Pは鋼板の強度を上げる元素であるが、添加量が高いと溶接性、加工性、靱性の劣化を引き起こす元素である。これより0.10%以下とし、好ましくは0.03%以下が望ましい。

【0021】SはMnS等の非金属介在物を生成し、延性、穴抜け性を劣化させるので鋼中に存在しない方が好ましい元素であり、添加量は少ない程望ましく、0.009%以下とする。ただし、0.005%以下でこの効果は顕著に現れるため0.005%以下が望ましい。

【0022】Nは、加工性を確保するためには少ない方がよい。0.010%を超えると加工性が劣化してくるので、0.010%以下とし、0.005%以下が望ましい。

【0023】Mgは、本発明における最も重要な添加元素の一つである。Mgはこの添加により、酸素と結合して酸化物を形成するが、このとき生成されるMgOまたはMgOを含む Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の複合酸化物微細化はMgを添加しない従来の鋼に比べ、個々の酸化物のサイズが小さく、均一に分散した分布状態となることを見出した。鋼中に微細に分散したこれらの酸化物は、明確ではないが打抜き時に微細ポイドを形成し、応力集中を抑制することで粗大クラックの発生を抑制する効果があると考えられ、穴抜け性の向上に効果があると考えられる。ただし、0.0005%未満ではその効果が不十分である。一方で0.01%超の添加は添加量に対する改善代が飽和するばかりでなく、逆に鋼の清浄度を劣化させ、穴抜け性、延性を劣化させるため上限を0.01%とする。

【0024】Alは本発明における最も重要な添加元素の一つである。AlはMgが添加されている時、スピネル構造をもつ $MgAl_2O_4$ 複合酸化物を生成しやすい。 $MgAl_2O_4$ 複合酸化物はMgOを含む Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の複合酸化物のうち最も微細な酸化物の存在状態のひとつであり、酸化物の分散状態を均一微細化するのに効果的であると考えられる。このため、打抜き時に微細ポイドを形成し、これが応力集中を抑制することで粗大クラックの発生を抑制する効果があると考えられ、穴抜け性の向上に効果があると考えられる。これより0.002%以上添加する。ただし添加量が増加するとMg添加の効果を阻害するため、0.07%以下とする。特に複合酸化物のうちMg-Al複合酸化物の酸化物に占める割合を向上し酸化物の微細化を効率よく達成させるためには添加量は0.02%~0.07%が望ましい。

【0025】Ti、Nbは本発明における最も重要な添加元素の一つである。Ti、Nbは微細均一に析出している酸化物のうち特に小さいMgOまたは $MgAl_2O_4$ を主とする複合酸化物を核に析出し、これら酸化物上に析出することで析出物サイズを大きくし、MgOまたは $MgAl_2O_4$ の微細ポイド形成を助成する働きがあると考えられる。また、強度の増加にも有効である。これらの結果を有効に発揮させるためにはNb、Tiともに少なくとも0.003%の添加が必要であり、0.01%以上の添加が望ましい。しかし、これらの添加が過度になると析出強化により延性が劣化するため、上限としてTiは0.25%以下、Nbは0.04%以下とする。これらの元素は単独で添加しても効果があり、複合添加しても効果がある。

【0026】Caは硫化物系の介在物の形状制御し、穴抜け性の向上に有効である。これを有効に発揮させるためには0.0005%以上の添加が必要である。一方、多量の添加は逆に鋼の清浄度を悪化させるため穴抜け性、延性を損なう。これより上限を0.0100%とする。REM元素はCaと同様の効果を有する。すなわち、REMは硫化物系の介在物の形状制御し、穴抜け性の向上に有効である。これを有効に発揮させるためにはREM元素の合計で0.0005%以上の添加が必要である。一方、多量の添加は逆に鋼の清浄度を悪化させるため穴抜け性、延性を損なう。また、製造コストも高いため上限を0.0100%とする。

【0027】酸化物としてはMgOまたはMgOを含み Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 Ti_2O_3 の1種もしくは2種以上の複合酸化物がよい。本発明者らが鋭意検討した結果、複合酸化物のうちMgO、 $MgAl_2O_4$ とこれ以外の複合酸化物とで異なった存在状態にて微細クラックの形成に効果を発揮しており、これらはともにMg添加によって得られる効果であり、相乗効果によって穴抜け性を向上させていることがわかった。

【0028】 MgO 、 $MgAl_2O_4$ は主に (Nb、Ti)N を周辺に析出させることで微細ボイド形成の効果を得ており、 MgO 、 $MgAl_2O_4$ は均一な分散析出の核として寄与していると考えられる。一方で、 MgO 、 $MgAl_2O_4$ 以外の微細な複合酸化物は MgO との複合酸化物化により微細分散析出し、(Nb、Ti)N を周辺に析出させることなく酸化物単独にて微細ボイド形成の効果がある。特に、 MgO 、 $MgAl_2O_4$ 以外の微細な複合酸化物としては MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 主体の複合酸化物がほとんどであり、この時、全体に占める MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 酸化物の割合は90%以上である。

【0029】酸化物の粒子径は $0.005\mu m$ 未満ではこれを核にした (Nb、Ti)N の析出も少ないこと、一方で、このサイズの酸化物は (Nb、Ti)N の複合析出なしでは微細クラックを発生させる核とはなり難く、微細ボイド生成の効果が得られ難くなるため $0.005\mu m$ 以上とする。逆に $5.0\mu m$ 超では粒子数の確保が困難であり、また、粗大析出物は延性の劣化を招くため $5.0\mu m$ 以下とする。

【0030】酸化物と複合析出物のサイズはこれが小さい時、微細ボイドの起点とならないため効果を発揮できない。従って、 $0.005\mu m$ 以上とする。一方、 $5.0\mu m$ 超では粒子数の確保が困難であり、これが粗大クラックの生成を助長し穴抜け性を低減させるため $5.0\mu m$ 以下とする。

【0031】析出物密度は個数が少ないと、打抜き時に発生する微細ボイドが不足し、粗大なクラックの発生を抑制する効果が得られないと考えられる。この効果を得るには1平方mmあたり 1.0×10^3 以上必要である。一方で個数が多くなると効果は飽和し、逆に延性を劣化させるため、 1.0×10^7 個以下とする。ただし、この効果の飽和と延性のバランスから 1.0×10^6 個以下が望ましい。

【0032】また、穴抜け性を高める手段として打抜き穴の性状の他、母材の局部延性能を高めることが効果的である。母材の局部延性能を高めるためには組織の均一化が有効であるが、単相鋼では本発明の目的とする強度において延性の劣化が大きく、目的とする特性が得られない。このため、鋼の組織としてはフェライト組織主体の複合組織とする。但し、フェライト組織の占有率が高く単相鋼となると延性または強度の低下を引き起こし、また、この占有率が低い時、伸びの低い第2相の影響を受け、延性が低下する。このため、フェライト組織の占有率は50%以上、95%以下が望ましい。また、残りの組織はこれが、マルテンサイト、粗大セメンタイト、パーライト組織であるとき、フェライト組織とこれらの組織の界面でクラックが発生し局部変形能力が低下する。一方で、ベイナイト組織はフェライト組織中に微細なセメンタイトの分散した組織であり、母材の局部延性能を

低下させないため、鋼の組織としてフェライト組織を主体とし、残ベイナイト組織とする。

【0033】本発明で規定した介在物の分散状態は例えば以下の方法により定量的に測定される。母材鋼板の任意の場所から抽出レプリカ試料を作成し、これを前記の透過電子顕微鏡 (TEM) を用いて倍率は5000~20000倍で少なくとも $5000\mu m^2$ 以上の面積にわたって観察し、対象となる複合介在物の個数を測定し、単位面積当たりの個数に換算する。この時、酸化物と (Nb、Ti)N の同定にはTEMに付属のエネルギー分散型X線分光法 (EDS) による組成分析とTEMによる電子線回折像の結晶構造解析によって行われる。このような同定を測定する全ての複合介在物に対して行うことが煩雑な場合、簡易的に次に手順による。まず、対象となるサイズの個数を形状、サイズ別に上記の要領にて測定し、これらのうち、形状、サイズの異なる全てに対し、各々10個以上に対し上記の要領にて同定を行い、酸化物と (Nb、Ti)N の割合を算出する。そして、はじめに測定された介在物の個数にこの割合を掛け合わせる。鋼中の炭化物が以上のTEM観察を邪魔する場合、熱処理によって炭化物を凝集粗大化、または溶解させ対象とする複合介在物の観察を容易にすることができ

【0034】次に製造方法について説明する。仕上圧延終了温度はフェライトの生成を妨げ、穴抜け性を良好にするため A_{r3} 変態点以上とする必要がある。しかしあまり高温にすると組織の粗大化による強度低減、延性の低下を招くため $950^\circ C$ 以下とすることが望ましい。冷却速度は穴抜け性に有害な炭化物形成を抑制し、高い穴抜け比を得るためには $20^\circ C/s$ 以上が必要である。捲取温度 $350^\circ C$ 未満では穴抜け性に有害な硬質のマルテンサイトが発生するため $350^\circ C$ 以上とする。一方、上限は $600^\circ C$ 超になると穴抜け性に有害な、パーライト、セメンタイトが生成するため $600^\circ C$ 以下とする。

【0035】連続冷却中空冷はフェライト相の占有率を増加させ、延性を向上させるために有効である。しかし、空冷温度、空冷時間により、パーライトが生成されると逆に延性が低下するばかりでなく、穴抜け性が著しく低下する。空冷温度が $650^\circ C$ 未満では穴抜け性に有害なパーライトが早期より発生するため、 $650^\circ C$ 以上とする。一方で $700^\circ C$ 超ではフェライト生成が遅く空冷の効果を得にくいばかりでなく、その後の冷却中におけるパーライト生成が発生しやすいため $700^\circ C$ 以下とする。15秒間超の空冷はフェライト相の増加が飽和するばかりでなく、その後の冷却速度、捲取温度の制御に負荷をかける。このため、空冷時間は15秒以下とする。

【0036】次に溶製工程における成分調整段階の添加順序は本発明者らが鋭意検討した結果、SiとMnを添加した後、Tiを添加、その後にMgとAlを添加する

ことを行うとき、溶鋼中へのMg歩留が増加することと、さらに酸化物のサイズがより微細化して、本発明で請求している酸化物のサイズの分散状態が安定に得られ易くなることから、より好ましい。

【0037】Mgは溶鋼中での揮発性が高く、Mg純金属で溶鋼中へ投入するとMg歩留が非常に低い。このため、Mgは希釈溶媒金属との合金の形で溶鋼中へ投入する。このとき、本発明者らが鋭意検討した結果、Mgの希釈溶媒金属としてSi、Ni、Cu、Al、REM（希土類元素）の1種あるいは2種以上から成るMg合金を用いたとき、鋼中へ残存するMg量は向上し、これら以外の金属を主体とする合金では、効果が得られなかった。Mgの希釈溶媒金属としてMgと原子間引力の相互作用を有するSi、Ni、Cu、Al、REM（希土類元素）を選び、これらのうち、1種あるいは2種以上から成るMg合金を用いて溶鋼中へのMgの投入を行うことが好ましい。ここで希土類元素の範囲は、例えば理化学辞典第5版、309頁、岩波書店、1998年発行の記載通り、周期律表3族に属するSc、Yおよびランタノイド（原子番号57のLaから71のLu）の総称である。

【0038】また、本発明者らが鋭意検討した結果、Mg合金中のMg濃度としては10%未満ではMg歩留が顕著に増加することと、さらに適正な酸化物サイズと個数が安定に得やすくなり好ましいことを見出した。一方、1%未満であるとMg合金添加時に希釈溶媒金属が鋼中へ過剰に溶解するため、成分調整が困難となる。従って、合金中のMg濃度は1%以上10%未満とすることが好ましい。

【0039】Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和として10%未満の時、Mg歩留が顕著に増加することと、さらに適正な酸化物サイズと個数が安定に得やすくなり好ましいことを見出した。これはMg合金が溶鋼に溶解中に生じるMgとこれらの元素との間の原子間反発作用によると解釈される。従って、Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和は10%未満とすることが好ましい。本発明の鋼板は上記のように熱延の後、溶融亜鉛めっきのように焼鈍によりめっきを施しても本発明の効果は損なわれない。また、熱延後、電気めっき、有機複合皮膜を施した場合も効果は損なわれない。

【0040】

【実施例】次に本発明を実施例に基づいて説明する。表1に示す鋼成分の鋼を溶製するために、溶銑270tを転炉で目標C濃度に脱炭したのち取鍋に溶鋼を移し、脱酸と合金調整をCAS法（日本鉄鋼協会編、梶岡博幸著、取鍋精錬法、104頁、地人書館、1997年発行に記載）により実施した。溶鋼の脱酸をSiとMnを添加した後、Tiを添加、その後にMgとAlを添加する順序で行った例とそれ以外の例を表1に示す。ここでは

Si、Mn、Ti原料としてFeSi、FeMn、FeTiを用いた。また、Mg、Alは希釈溶媒金属としてSi、Ni、Cu、Al、REM（希土類元素）の1種あるいは2種以上を用い、Mg合金中のMg濃度が1%以上10%未満であり、Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和が10%未満のMg合金を用いた例とこれら以外の合金を用いた例も表1に示した。脱酸後、必要元素を目標成分濃度範囲に調整した後、ただちに連続鋳造機により厚さ250mm、幅1300mmのスラブを製造した。これらの鋼を1200℃以上にて加熱炉中で加熱し、表2に示す熱延条件にて圧延・冷却し、板厚2.6～3.2mmの熱延鋼板を得た。

【0041】一方、表3にMgの添加は希釈溶媒金属としてSi、Ni、Cu、Al、REM（希土類元素）の1種あるいは2種以上を用い、Mg合金中のMg濃度が1%以上10%未満であり、Mg合金中のFe、Mn、Crの濃度の和が10%未満のMg合金を用い、溶製工程の成分調整段階において、SiとMnを添加した後、Tiを添加、その後にMgとAlを添加する脱酸を行ったもので、成分を変化させたものを示す。符号D～Yが本発明に従った鋼でこれ以外はC、Si、Mn、S、A

Mg、Nb、Tiの添加量が本発明の範囲外である。これらの鋼を1200℃以上にて加熱炉中で加熱し、表4に示す熱延条件にて圧延・冷却し、板厚2.6～3.2mmの熱延鋼板を得た。

【0042】また、鋼板母材より抽出レプリカ試料を作成し、前述の方法にて酸化物とこれを核に存在する(Ti、Nb)N複合酸化物の粒径、個数を測定し、単位面積当たりの個数に換算した。これを表1、3に表記する。

【0043】このようにして得られた熱延鋼板についてJIS5号片による引張試験、穴抜け試験、組織観察を行った。穴抜け性(λ)は径12mmの打抜き穴を60°円錐ポンチにて押し抜け、クラックが板厚を貫通した時点での穴径(d)と初期穴径(d0:12mm)から $\lambda = (d - d0) / d0 \times 100$ で評価した。

【0044】各試験片のTS、E1、λを表2、4に示す。図1に強度と伸びの関係を図2に強度と穴抜け比の関係を示す。本発明鋼は比較鋼1と比べて穴抜け比が、比較鋼2と比べると穴抜け比と伸びの両特性が高くなっていることがわかる。このように、本発明の鋼板は穴抜け比、延性をともに優れていることがわかる。

【0045】なお、ここでは合金投入をCAS法で行ったがこれは特に限定するものではなく、RH脱ガス装置の真空槽内合金添加法、溶鋼取鍋内ワイヤー添加法、粉体インジェクション法等の公知の方法も問題なく使用できることを付記する。

【0046】

【表1】

| 鋼 | C | Si | Mn | P | S | N | Mg | Al | Nb | Ti | Ca | 添加順序 | 希堅溶模金屬 | Mg濃度 | Fe,Mn,Cr濃度 | 析出物個數 | Ar ₃ | 備考 |
|-----|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------|------|------------|-------------------|-----------------|-----|
| | | | | | | 重量% | | | | | | | | % | % | 個/mm ² | ℃ | |
| A1 | 0.041 | 0.50 | 1.50 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0047 | 0.005 | 0.030 | 0.071 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si | 7 | 8 | 4.0E+03 | 798 | 免明鋼 |
| A2 | 0.040 | 0.50 | 1.51 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0047 | 0.005 | 0.031 | 0.071 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Ni | 8 | 4 | 3.8E+03 | 795 | 免明鋼 |
| A3 | 0.039 | 0.49 | 1.50 | 0.011 | 0.002 | 0.003 | 0.0047 | 0.005 | 0.030 | 0.070 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Cu,Ni | 5 | 7 | 3.8E+03 | 797 | 免明鋼 |
| A4 | 0.039 | 0.49 | 1.50 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0040 | 0.005 | 0.031 | 0.071 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Ni | 8 | 15 | 8.0E+02 | 796 | 比較鋼 |
| A5 | 0.040 | 0.48 | 1.50 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0004 | 0.004 | 0.031 | 0.071 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si | 13 | 5 | 9.0E+02 | 795 | 比較鋼 |
| A6 | 0.040 | 0.51 | 1.50 | 0.010 | 0.003 | 0.003 | 0.0003 | 0.005 | 0.028 | 0.071 | - | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Fe | 5 | 80 | 5.0E+02 | 796 | 比較鋼 |
| A7 | 0.041 | 0.50 | 1.51 | 0.011 | 0.002 | 0.002 | 0.0035 | 0.005 | 0.029 | 0.073 | - | Mg-Al-Si-Mn-Ti | Si | 7 | 8 | 6.0E+02 | 795 | 比較鋼 |
| B1 | 0.029 | 0.70 | 1.90 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0025 | 0.035 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si | 7 | 8 | 2.5E+04 | 783 | 免明鋼 |
| B2 | 0.028 | 0.69 | 1.92 | 0.016 | 0.002 | 0.002 | 0.0024 | 0.033 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Ni | 8 | 4 | 2.4E+04 | 782 | 免明鋼 |
| B3 | 0.028 | 0.70 | 1.92 | 0.016 | 0.002 | 0.003 | 0.0020 | 0.035 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si,Ni | 7 | 8 | 2.2E+04 | 782 | 免明鋼 |
| B4 | 0.028 | 0.70 | 1.90 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.034 | 0.020 | 0.000 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Cu,Ni | 5 | 7 | 2.4E+04 | 783 | 免明鋼 |
| B5 | 0.028 | 0.70 | 1.90 | 0.016 | 0.002 | 0.002 | 0.0029 | 0.034 | 0.020 | 0.000 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Al | 6 | 9 | 2.2E+04 | 783 | 免明鋼 |
| B6 | 0.029 | 0.70 | 1.91 | 0.016 | 0.002 | 0.003 | 0.0028 | 0.035 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | REM, Si | 9 | 9 | 2.1E+04 | 782 | 免明鋼 |
| B7 | 0.029 | 0.69 | 1.91 | 0.016 | 0.002 | 0.002 | 0.0004 | 0.036 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si | 13 | 5 | 8.0E+02 | 782 | 比較鋼 |
| B8 | 0.028 | 0.69 | 1.90 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0000 | 0.036 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Fe,Mn | 8 | 80 | 2.0E+02 | 783 | 比較鋼 |
| B9 | 0.028 | 0.72 | 1.92 | 0.016 | 0.002 | 0.002 | 0.0002 | 0.035 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Fe,Cr | 7 | 70 | 4.0E+02 | 783 | 比較鋼 |
| B10 | 0.029 | 0.69 | 1.90 | 0.015 | 0.002 | 0.002 | 0.0020 | 0.033 | 0.020 | 0.000 | 0.003 | Si-Mg-Nb-Ti-Al | Si | 7 | 8 | 8.0E+02 | 782 | 比較鋼 |
| B11 | 0.029 | 0.71 | 1.91 | 0.015 | 0.002 | 0.002 | 0.0015 | 0.033 | 0.020 | 0.000 | 0.002 | Mg-Al-Si-Mn-Ti | Al | 6 | 8 | 8.0E+02 | 782 | 比較鋼 |
| C1 | 0.035 | 0.89 | 2.01 | 0.012 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.035 | 0.035 | 0.089 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si | 8 | 4 | 1.9E+04 | 777 | 免明鋼 |
| C2 | 0.034 | 0.90 | 2.02 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0029 | 0.033 | 0.033 | 0.090 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Ni | 9 | 9 | 1.8E+05 | 777 | 免明鋼 |
| O3 | 0.035 | 0.90 | 2.01 | 0.011 | 0.002 | 0.003 | 0.0032 | 0.033 | 0.033 | 0.091 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | REM, Si | 7 | 8 | 2.2E+04 | 776 | 免明鋼 |
| O4 | 0.035 | 0.89 | 2.02 | 0.011 | 0.003 | 0.002 | 0.0032 | 0.034 | 0.035 | 0.090 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Si,Ni | 5 | 7 | 2.0E+04 | 777 | 免明鋼 |
| C5 | 0.034 | 0.89 | 2.02 | 0.011 | 0.003 | 0.003 | 0.0032 | 0.034 | 0.035 | 0.090 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Cu,Ni | 9 | 9 | 1.9E+04 | 778 | 免明鋼 |
| C6 | 0.034 | 0.90 | 2.01 | 0.012 | 0.003 | 0.002 | 0.0031 | 0.035 | 0.035 | 0.091 | 0.002 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | REM, Ni | 8 | 15 | 7.5E+02 | 777 | 比較鋼 |
| C7 | 0.035 | 0.89 | 2.01 | 0.012 | 0.003 | 0.003 | 0.0029 | 0.035 | 0.035 | 0.090 | 0.003 | Si-Mn-Ti-Mg-Al | Ni | 7 | 8 | 4.0E+02 | 779 | 比較鋼 |
| C8 | 0.033 | 0.90 | 2.00 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0031 | 0.035 | 0.034 | 0.090 | 0.002 | Mg-Al-Si-Mn-Ti | Si | 7 | 8 | 4.0E+02 | 779 | 比較鋼 |

*注L, Ar₃=898-60RC%+26.8(Si%)-63.5(Mn%)+229(°F)

【0.047】

【表2】

| 鋼 | 仕上温度 ℃ | 冷却速度 ℃/s | 空冷開始温度 ℃ | 空冷時間 s | 捲取温度 ℃ | 引張強さ N/mm ² | 伸び % | 穴抜け % | 備考 |
|-----|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|---------|----------|-----|
| A1 | 860 | 60 | 680 | 3 | 510 | 696 | 28 | 115 | 発明鋼 |
| A2 | 870 | 50 | 670 | 3 | 550 | 697 | 28 | 115 | 発明鋼 |
| A3 | 860 | 60 | - | - | 500 | 694 | 28 | 125 | 発明鋼 |
| A4 | 880 | 80 | 670 | 4 | 510 | 695 | 27 | 75 | 比較鋼 |
| A5 | 870 | 60 | 670 | 4 | 490 | 694 | 26 | 70 | 比較鋼 |
| A6 | 880 | 60 | 670 | 3 | 500 | 695 | 26 | 70 | 比較鋼 |
| A7 | 860 | 60 | - | - | 500 | 698 | 21 | 85 | 比較鋼 |
| B1 | 870 | 60 | 660 | 4 | 500 | 646 | 27 | 130 | 発明鋼 |
| B2 | 870 | 60 | 670 | 8 | 550 | 646 | 27 | 125 | 発明鋼 |
| B3 | 880 | 30 | 670 | 4 | 450 | 647 | 27 | 125 | 発明鋼 |
| B4 | 870 | 60 | - | - | 550 | 645 | 27 | 120 | 発明鋼 |
| B5 | 880 | 70 | - | - | 490 | 646 | 26 | 130 | 発明鋼 |
| B6 | 860 | 50 | - | - | 440 | 647 | 27 | 125 | 発明鋼 |
| B7 | 850 | 60 | 670 | 8 | 550 | 646 | 26 | 85 | 比較鋼 |
| B8 | 870 | 60 | 670 | 8 | 550 | 643 | 27 | 80 | 比較鋼 |
| B9 | 870 | 60 | - | - | 480 | 649 | 26 | 80 | 比較鋼 |
| B10 | 870 | 50 | - | - | 500 | 644 | 24 | 90 | 比較鋼 |
| B11 | 860 | 50 | - | - | 480 | 647 | 25 | 85 | 比較鋼 |
| C1 | 860 | 50 | 680 | 4 | 550 | 782 | 24 | 105 | 発明鋼 |
| C2 | 860 | 50 | 670 | 8 | 500 | 782 | 25 | 100 | 発明鋼 |
| C3 | 880 | 60 | 670 | 3 | 550 | 781 | 25 | 105 | 発明鋼 |
| C4 | 880 | 40 | - | - | 450 | 782 | 23 | 105 | 発明鋼 |
| C5 | 870 | 50 | - | - | 500 | 782 | 23 | 100 | 発明鋼 |
| C6 | 870 | 50 | 680 | 4 | 540 | 783 | 25 | 110 | 発明鋼 |
| C7 | 860 | 50 | 670 | 4 | 550 | 782 | 22 | 65 | 比較鋼 |
| C8 | 870 | 60 | 680 | 4 | 550 | 781 | 19 | 60 | 比較鋼 |

表中*の条件は本発明の範囲外

【0048】

【表3】

| 鋼 | C | Si | Mn | P | S | N | Mg | Al | Nb | Ti | Ca | REM | 析出物個數 個/mm ² | Ar ₃ °C | 備考 |
|---|------|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|----------------------------|-----------------------|-----|
| D | 0.03 | 0.3 | 2.0 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.031 | 0.015 | - | - | - | 1.5E+04 | 764 | 免明鋼 |
| E | 0.01 | 0.9 | 1.1 | 0.013 | 0.003 | 0.002 | 0.0033 | 0.030 | 0.035 | - | 0.0025 | - | 1.2E+04 | 848 | 免明鋼 |
| F | 0.04 | 1.1 | 1.6 | 0.025 | 0.003 | 0.002 | 0.0037 | 0.003 | 0.040 | 0.130 | 0.0020 | - | 1.0E+04 | 809 | 免明鋼 |
| G | 0.03 | 0.9 | 1.4 | 0.010 | 0.002 | 0.003 | 0.0034 | 0.002 | 0.030 | - | - | - | 1.5E+04 | 818 | 免明鋼 |
| H | 0.03 | 1.5 | 2.5 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0100 | 0.045 | - | 0.120 | 0.0030 | - | 1.0E+07 | 765 | 免明鋼 |
| I | 0.04 | 0.5 | 1.5 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0011 | 0.005 | 0.030 | 0.070 | 0.0030 | - | 4.0E+03 | 796 | 免明鋼 |
| J | 0.04 | 0.5 | 1.5 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0047 | 0.005 | 0.030 | 0.070 | 0.0030 | - | 8.0E+03 | 796 | 免明鋼 |
| K | 0.04 | 0.9 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.005 | 0.0047 | 0.005 | 0.040 | 0.070 | 0.0030 | - | 8.0E+03 | 775 | 免明鋼 |
| L | 0.04 | 0.9 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0025 | 0.035 | 0.025 | - | 0.0030 | - | 1.0E+04 | 775 | 免明鋼 |
| M | 0.04 | 1.5 | 0.5 | 0.030 | 0.002 | 0.002 | 0.0025 | 0.033 | 0.025 | - | 0.0025 | - | 2.0E+04 | 891 | 免明鋼 |
| N | 0.05 | 0.9 | 2.0 | 0.018 | 0.003 | 0.003 | 0.0032 | 0.034 | 0.030 | 0.080 | - | - | 2.2E+04 | 772 | 免明鋼 |
| O | 0.06 | 0.8 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0031 | 0.005 | 0.035 | 0.120 | 0.0020 | - | 2.0E+03 | 763 | 免明鋼 |
| P | 0.06 | 0.8 | 1.0 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.005 | 0.030 | - | - | - | 7.0E+03 | 827 | 免明鋼 |
| Q | 0.05 | 1.4 | 1.5 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0025 | 0.035 | 0.035 | 0.090 | - | - | 3.0E+04 | 815 | 免明鋼 |
| R | 0.05 | 1.3 | 2.0 | 0.011 | 0.003 | 0.002 | 0.0016 | 0.030 | - | 0.150 | 0.0020 | - | 4.0E+04 | 781 | 免明鋼 |
| S | 0.07 | 0.4 | 2.0 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.005 | 0.020 | - | 0.0020 | - | 3.0E+03 | 748 | 免明鋼 |
| T | 0.07 | 1.3 | 1.6 | 0.014 | 0.007 | 0.002 | 0.0033 | 0.005 | 0.030 | 0.080 | 0.0020 | - | 1.0E+04 | 797 | 免明鋼 |
| U | 0.10 | 1.3 | 1.4 | 0.010 | 0.004 | 0.002 | 0.0029 | 0.030 | - | 0.010 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 793 | 免明鋼 |
| V | 0.05 | 1.3 | 2.0 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0031 | 0.005 | 0.035 | 0.210 | 0.0020 | - | 5.0E+04 | 782 | 免明鋼 |
| W | 0.13 | 1.0 | 2.2 | 0.020 | 0.003 | 0.002 | 0.0040 | 0.030 | 0.035 | 0.155 | - | - | 1.5E+04 | 721 | 免明鋼 |
| X | 0.06 | 1.3 | 1.5 | 0.020 | 0.003 | 0.002 | 0.0032 | 0.035 | 0.035 | 0.250 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 810 | 免明鋼 |
| Y | 0.10 | 1.3 | 1.4 | 0.010 | 0.004 | 0.002 | 0.0029 | 0.030 | 0.000 | 0.010 | - | 0.0020 | 3.0E+04 | 793 | 免明鋼 |
| Z | 0.05 | 0.1 | 1.9 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.035 | 0.035 | - | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 756 | 比較鋼 |
| a | 0.04 | 0.9 | 2.7 | 0.014 | 0.003 | 0.002 | 0.0033 | 0.035 | 0.020 | 0.080 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 731 | 比較鋼 |
| b | 0.05 | 0.4 | 1.9 | 0.010 | 0.012 | 0.002 | 0.0029 | 0.005 | - | 0.010 | 0.0020 | - | 3.0E+03 | 763 | 比較鋼 |
| c | 0.10 | 0.6 | 1.5 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0016 | 0.005 | 0.035 | 0.120 | 0.0020 | - | 1.0E+03 | 769 | 比較鋼 |
| d | 0.04 | 0.6 | 1.9 | 0.012 | 0.003 | 0.003 | 0.0110 | 0.034 | 0.015 | - | - | - | 8.0E+03 | 774 | 比較鋼 |
| e | 0.06 | 1.2 | 2.1 | 0.017 | 0.003 | 0.003 | 0.0020 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | 0.0020 | - | 4.0E+03 | 768 | 比較鋼 |
| f | 0.06 | 0.8 | 1.0 | 0.017 | 0.003 | 0.002 | 0.0032 | - | 0.030 | - | 0.0020 | - | 8.0E+03 | 827 | 比較鋼 |
| g | 0.05 | 0.9 | 1.9 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.033 | - | - | - | - | 8.0E+03 | 778 | 比較鋼 |

* [且, Ar₃=896-509(C%) - 26.9(Si%) - 63.5(Mn%) + 229(P%)]

【0049】

【表4】

| 鋼 | 度 | 度 | 空冷開始温度 | 空冷時間 | 捲取温度 | 引張強さ | 伸び | 穴抜け | 備考 |
|----|-----|-----|--------|------|------|-------------------|----|-----|-----|
| | ℃ | ℃/s | ℃ | s | ℃ | N/mm ² | % | % | |
| D1 | 840 | 80 | 670 | 4 | 450 | 584 | 31 | 130 | 発明鋼 |
| D2 | 870 | 80 | - | - | 550 | 594 | 28 | 135 | 発明鋼 |
| E1 | 870 | 50 | 670 | 4 | 480 | 590 | 31 | 125 | 発明鋼 |
| E2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 595 | 30 | 135 | 発明鋼 |
| F1 | 880 | 80 | 670 | 3 | 500 | 789 | 24 | 95 | 発明鋼 |
| F2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 794 | 23 | 100 | 発明鋼 |
| F3 | 850 | 10 | 670 | 4 | 480 | 779 | 20 | 70 | 比較鋼 |
| G1 | 880 | 60 | 670 | 3 | 450 | 601 | 30 | 125 | 発明鋼 |
| G2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 606 | 28 | 130 | 発明鋼 |
| H1 | 890 | 60 | 680 | 3 | 450 | 819 | 22 | 100 | 発明鋼 |
| H2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 829 | 21 | 105 | 発明鋼 |
| I1 | 860 | 60 | 680 | 3 | 510 | 680 | 27 | 110 | 発明鋼 |
| I2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 690 | 25 | 115 | 発明鋼 |
| J1 | 870 | 50 | 670 | 3 | 490 | 684 | 28 | 110 | 発明鋼 |
| J2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 692 | 25 | 115 | 発明鋼 |
| K1 | 860 | 60 | 680 | 3 | 500 | 780 | 24 | 95 | 発明鋼 |
| K2 | 870 | 30 | 680 | 4 | 550 | 778 | 25 | 100 | 発明鋼 |
| K3 | 850 | 50 | 680 | 5 | 300 | 788 | 24 | 50 | 比較鋼 |
| K4 | 900 | 30 | 660 | 3 | 640 | 785 | 22 | 65 | 比較鋼 |
| K6 | 870 | 70 | 630 | 6 | 490 | 790 | 21 | 65 | 比較鋼 |
| K8 | 880 | 50 | 720 | 6 | 550 | 780 | 20 | 75 | 比較鋼 |
| K7 | 880 | 10 | 680 | 3 | 500 | 765 | 19 | 75 | 比較鋼 |
| K8 | 870 | 60 | - | - | 550 | 787 | 22 | 100 | 発明鋼 |
| K9 | 880 | 10 | - | - | 480 | 767 | 21 | 70 | 比較鋼 |
| L1 | 860 | 60 | 670 | 4 | 510 | 687 | 28 | 120 | 発明鋼 |
| L2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 682 | 27 | 125 | 発明鋼 |
| M1 | 870 | 60 | 670 | 4 | 490 | 614 | 31 | 125 | 発明鋼 |
| M2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 624 | 28 | 130 | 発明鋼 |
| N1 | 880 | 60 | 670 | 3 | 500 | 781 | 23 | 105 | 発明鋼 |
| N2 | 850 | 50 | 680 | 5 | 300 | 791 | 24 | 55 | 比較鋼 |
| N3 | 880 | 50 | 720 | 6 | 550 | 779 | 20 | 65 | 比較鋼 |
| N4 | 870 | 60 | - | - | 550 | 794 | 23 | 110 | 発明鋼 |
| N5 | 880 | 10 | - | - | 480 | 772 | 19 | 70 | 比較鋼 |
| O1 | 860 | 60 | 670 | 3 | 500 | 784 | 24 | 95 | 発明鋼 |
| O2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 796 | 24 | 100 | 発明鋼 |
| P1 | 860 | 60 | 680 | 3 | 510 | 596 | 30 | 125 | 発明鋼 |
| P2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 604 | 29 | 130 | 発明鋼 |
| Q1 | 870 | 50 | 670 | 3 | 490 | 785 | 24 | 105 | 発明鋼 |
| Q2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 795 | 23 | 110 | 発明鋼 |
| R1 | 880 | 60 | 680 | 3 | 500 | 795 | 25 | 100 | 発明鋼 |
| R2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 807 | 22 | 110 | 発明鋼 |
| R3 | 880 | 40 | - | - | 700 | 792 | 22 | 70 | 比較鋼 |
| S1 | 880 | 60 | 670 | 4 | 510 | 609 | 30 | 125 | 発明鋼 |
| S2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 619 | 29 | 125 | 発明鋼 |
| T1 | 860 | 60 | 680 | 3 | 490 | 787 | 23 | 90 | 発明鋼 |
| T2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 798 | 22 | 90 | 発明鋼 |
| U1 | 870 | 50 | 670 | 3 | 500 | 684 | 28 | 120 | 発明鋼 |
| U2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 694 | 26 | 125 | 発明鋼 |
| V1 | 860 | 60 | 680 | 4 | 490 | 1043 | 17 | 55 | 発明鋼 |
| V2 | 860 | 60 | - | - | 550 | 1038 | 16 | 65 | 発明鋼 |
| W1 | 870 | 60 | 670 | 4 | 500 | 996 | 18 | 65 | 発明鋼 |
| W2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 1001 | 17 | 70 | 発明鋼 |
| X1 | 870 | 60 | 680 | 4 | 490 | 988 | 18 | 65 | 発明鋼 |
| X2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 994 | 18 | 70 | 発明鋼 |
| Y1 | 870 | 60 | 680 | 4 | 500 | 683 | 27 | 120 | 発明鋼 |
| Y2 | 870 | 60 | - | - | 550 | 693 | 26 | 125 | 発明鋼 |
| Z | 870 | 60 | - | - | 450 | 602 | 24 | 80 | 比較鋼 |
| a | 860 | 70 | 660 | 5 | 510 | 800 | 17 | 60 | 比較鋼 |
| b | 850 | 40 | 660 | 5 | 490 | 599 | 25 | 70 | 比較鋼 |
| c | 880 | 70 | - | - | 500 | 760 | 19 | 65 | 比較鋼 |
| d | 870 | 80 | - | - | 480 | 612 | 27 | 75 | 比較鋼 |
| e | 880 | 40 | 680 | 4 | 480 | 798 | 23 | 55 | 比較鋼 |
| f | 850 | 50 | 670 | 3 | 490 | 598 | 28 | 80 | 比較鋼 |
| g | 880 | 50 | - | - | 490 | 619 | 27 | 70 | 比較鋼 |

【0050】

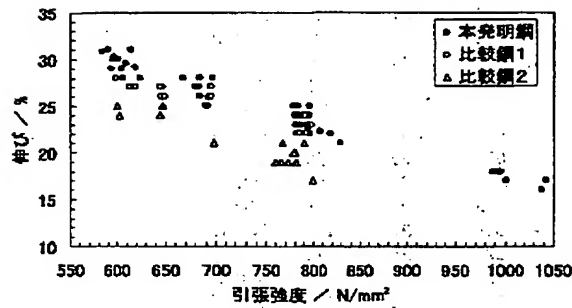
【発明の効果】本発明によれば強度レベルが590N/mm² クラス以上で、従来にない伸び-延性バランスを有した熱延高強度鋼板を供給できるようになったもので、産業上極めて有用なものである。

【図面の簡単な説明】

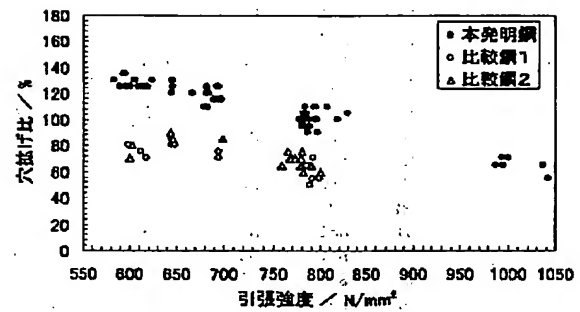
【図1】引張強度と伸びの関係を示すグラフである。

【図2】引張強度と穴抜け比の関係を示すグラフである。

【図1】



【図2】



【手続補正書】

【提出日】平成13年1月12日(2001.1.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】

【表3】

| 鋼 | C | Si | Mn | P | S | N | Mg | Al | Nb | Ti | Ca | REM | 析出物個數 個/mm ² | Ar ₃ °C | 備考 |
|---|------|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|----------------------------|-----------------------|-----|
| D | 0.03 | 0.3 | 2.0 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.031 | 0.015 | - | - | - | 1.5E+04 | 764 | 免明鋼 |
| E | 0.01 | 0.9 | 1.1 | 0.013 | 0.003 | 0.002 | 0.0033 | 0.030 | 0.035 | - | 0.0025 | - | 1.2E+04 | 848 | 免明鋼 |
| F | 0.04 | 1.1 | 1.6 | 0.025 | 0.003 | 0.002 | 0.0037 | 0.005 | 0.040 | 0.130 | 0.0020 | - | 1.0E+04 | 809 | 免明鋼 |
| G | 0.03 | 0.9 | 1.4 | 0.010 | 0.002 | 0.003 | 0.0034 | 0.002 | 0.030 | - | - | - | 1.5E+04 | 818 | 免明鋼 |
| H | 0.03 | 1.5 | 2.5 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0100 | 0.045 | - | 0.120 | 0.0030 | - | 1.0E+07 | 765 | 免明鋼 |
| I | 0.04 | 0.5 | 1.5 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0011 | 0.005 | 0.030 | 0.070 | 0.0030 | - | 4.0E+03 | 796 | 免明鋼 |
| J | 0.04 | 0.5 | 1.5 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.0047 | 0.005 | 0.030 | 0.070 | 0.0030 | - | 8.0E+03 | 798 | 免明鋼 |
| K | 0.04 | 0.9 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.005 | 0.0047 | 0.005 | 0.040 | 0.070 | 0.0030 | - | 8.0E+03 | 775 | 免明鋼 |
| L | 0.04 | 0.9 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0025 | 0.035 | 0.025 | - | 0.0030 | - | 1.0E+04 | 775 | 免明鋼 |
| M | 0.04 | 1.5 | 0.5 | 0.030 | 0.002 | 0.002 | 0.0025 | 0.033 | 0.025 | - | 0.0025 | - | 2.0E+04 | 891 | 免明鋼 |
| N | 0.05 | 0.9 | 2.0 | 0.018 | 0.003 | 0.003 | 0.0032 | 0.034 | 0.030 | 0.080 | - | - | 2.2E+04 | 772 | 免明鋼 |
| O | 0.06 | 0.8 | 2.0 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0031 | 0.005 | 0.035 | 0.120 | 0.0020 | - | 2.0E+03 | 763 | 免明鋼 |
| P | 0.08 | 0.8 | 1.0 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.005 | 0.030 | - | - | - | 7.0E+03 | 827 | 免明鋼 |
| Q | 0.05 | 1.4 | 1.5 | 0.012 | 0.002 | 0.003 | 0.0025 | 0.035 | 0.035 | 0.090 | - | - | 3.0E+04 | 815 | 免明鋼 |
| R | 0.05 | 1.3 | 2.0 | 0.011 | 0.003 | 0.002 | 0.0016 | 0.030 | - | 0.150 | 0.0020 | - | 4.0E+04 | 781 | 免明鋼 |
| S | 0.07 | 0.4 | 2.0 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.005 | 0.020 | - | 0.0020 | - | 3.0E+03 | 748 | 免明鋼 |
| T | 0.07 | 1.3 | 1.6 | 0.014 | 0.007 | 0.002 | 0.0033 | 0.005 | 0.030 | 0.080 | 0.0020 | - | 1.0E+04 | 797 | 免明鋼 |
| U | 0.10 | 1.3 | 1.4 | 0.010 | 0.004 | 0.002 | 0.0029 | 0.030 | - | 0.010 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 783 | 免明鋼 |
| V | 0.05 | 1.3 | 2.0 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0031 | 0.005 | 0.035 | 0.210 | 0.0020 | - | 5.0E+04 | 782 | 免明鋼 |
| W | 0.13 | 1.0 | 2.2 | 0.020 | 0.003 | 0.002 | 0.0040 | 0.030 | 0.035 | 0.155 | - | - | 1.5E+04 | 721 | 免明鋼 |
| X | 0.06 | 1.3 | 1.5 | 0.020 | 0.003 | 0.002 | 0.0032 | 0.035 | 0.035 | 0.250 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 810 | 免明鋼 |
| Y | 0.10 | 1.3 | 1.4 | 0.010 | 0.004 | 0.002 | 0.0029 | 0.030 | 0.000 | 0.010 | - | 0.0020 | 3.0E+04 | 793 | 免明鋼 |
| Z | 0.05 | 0.1 | 1.9 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0022 | 0.035 | 0.035 | - | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 756 | 比較鋼 |
| a | 0.04 | 0.9 | 2.7 | 0.014 | 0.003 | 0.002 | 0.0033 | 0.035 | 0.020 | 0.080 | 0.0020 | - | 3.0E+04 | 731 | 比較鋼 |
| b | 0.05 | 0.4 | 1.9 | 0.010 | 0.012 | 0.002 | 0.0029 | 0.005 | - | 0.010 | 0.0020 | - | 3.0E+03 | 783 | 比較鋼 |
| c | 0.21 | 0.6 | 1.5 | 0.015 | 0.003 | 0.002 | 0.0016 | 0.005 | 0.035 | 0.120 | 0.0020 | - | 1.0E+03 | 769 | 比較鋼 |
| d | 0.04 | 0.6 | 1.9 | 0.012 | 0.003 | 0.003 | 0.0110 | 0.034 | 0.015 | - | - | - | 8.0E+03 | 774 | 比較鋼 |
| e | 0.06 | 1.2 | 2.1 | 0.017 | 0.003 | 0.003 | 0.0020 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | 0.0020 | - | 4.0E+03 | 768 | 比較鋼 |
| f | 0.06 | 0.8 | 1.0 | 0.017 | 0.003 | 0.002 | 0.0032 | - | 0.030 | - | 0.0020 | - | 8.0E+03 | 827 | 比較鋼 |
| g | 0.05 | 0.9 | 1.9 | 0.016 | 0.003 | 0.002 | 0.0030 | 0.033 | - | - | - | - | 8.0E+03 | 778 | 比較鋼 |

* [註], Ar₃=896-509(C%)+26.9(S%)-63.5(Mn%)+229(P%)

フロントページの続き

(72)発明者 谷口 裕一

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株
式会社名古屋製鐵所内

Fターム(参考) 4K037 EA00 EA01 EA05 EA06 EA09

EA14 EA15 EA16 EA18 EA19

EA23 EA25 EA27 EA28 EA31

(72)発明者 友清 寿雅

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株
式会社名古屋製鐵所内

EA36 EB05 EB08 EB09 EB11

EC04 FC04 FC07 FD03 FD04

FD05 FE01 FE02 FE06 JA06